

河床変動を考慮したダム放流・貯水池内流動の数値解析

電力中央研究所 木原直人・佐藤隆宏・田中伸和

1. 背景

我が国には運開から 50 年以上経過した水力発電ダムが増えており、これらの多くは貯水池内の堆砂問題を抱えている。そのため、流域全体の土砂管理対策が求められており、種々の排砂促進方法が検討されている。

一般に、排砂促進方法の排砂機能については、室内模型実験によって調べられる。しかしながら、室内実験では、地形の模型縮尺をフルードの相似則に従って作成するが、土砂移動のスケール則はフルード則と異なるため、河床変動問題を対象とした場合に粒径の縮尺を決定することができない。このような室内実験に見られるスケール則の問題を解消するには、様々な規模の現象・領域を解析できる数値的な検討を室内実験と並行して実施することが望ましい。

2. 目的

排砂促進方法としてダム堤体の改修を例に挙げ、堤体改修が貯水池内の河床形状や流動へ与える影響を数値的に検討する。

3. 解析手法

ダム堤体近傍の 3 次元性の強い流れの解析には、非静水圧 3 次元数値モデルを適用する。このモデルでは、自由表面を VOF 法で追跡している。一方、ダム堤体の上流側の貯水池内の広域で複雑な形状を持つ流路流れや土砂移動の解析には、静水圧 3 次元数値モデルを適用する。そして、前者の数値計算から得られた放流量と水位の関係を、後者の数値計算の下流端での境界条件として用いることにより、貯水池全域の流れや土砂移動を計算する。詳細については木原ら(2009)を参照されたい。

4. 解析内容

本研究では、九州電力(株)山須原ダムのダム堤体形状改修事例へ本提案手法を適用するために、現状及び改修後(案)のダムでの流動計算を実施する。現状の山須原ダムには幅約 7.5m のラジアルゲートが 8 門ならんでいる。改修後は、ダム中心部での越流堤頂高さを下げるために、中心の 2 門を幅約 15m の大きなラジアルゲート 1 門に変更する。これにより、大ゲート部分での越流堤頂は小ゲート部分での越流堤頂より約 9m 低くなる。

静水圧 3 次元数値モデルによる河床変動解析に用いる山須原ダム貯水池の河川形状を図-1 に示す。図-1 は九州電力(株)から提供された平成 17 年度深淺測量結果を基にしている。

5. 解析結果

非静水圧 3 次元モデルを用いた計算から得られた、改修前後のダム放流挙動を図-2 に示す。改修後(案)形状では、流れが中心の大ゲート部分に集中していることがわかる。改修後(案)の形状では、ダム堤体上流側での水位の横断方向空間変動が改修前形状に比べてより上流まで達すると考えられる。改修ダムの中心部分での水位と左右岸での水位の差を図-3 に示す。この図より、ダム堤体から 50m 離れた地点まで横断方向水位変動が見られることがわかる。なお、これは、改修前の形状に比べて、約 10 倍以上遠くまでダム堤体の影響が見られることになる。

次に、静水圧 3 次元モデルによる貯水池内流動・土砂輸送解析の結果を示す。河床変動計算開始 2 時間後の河床高さと初期河床高さとの差の空間分布を図-4 に示す。この図より、現状ダムのケースに比べて改修(案)ダムのケースでは局所的な侵食箇所及び堆積箇所における侵食量及び堆積量が大きいことがわかる。河床変動計算開始 2 時間後の現状ダムのケースと改修後(案)ダムのケースの河床高さ及び水位の差を明確にするため、X 方向に 250m 間隔ごとに領域平均した水位と河床高さの分布を図-5 に示す。この図より、本検討の条件下では、ダム堤体を改修することにより貯水池全域の河床が低下する傾向が見られることがわかる。

謝辞

本検討を実施する上で、九州電力株式会社から山須原ダムの堤体の図面、及び、貯水池内の深淺測量結果を提供して頂いたことに深謝します。

参考文献：木原直人・佐藤隆宏・田中伸和, 河床変動を考慮したダム放流・貯水池内流動の 3 次元数値解析—ダム改修計画事例への適用—, 電力中央研究所報告, N08022, 2009.

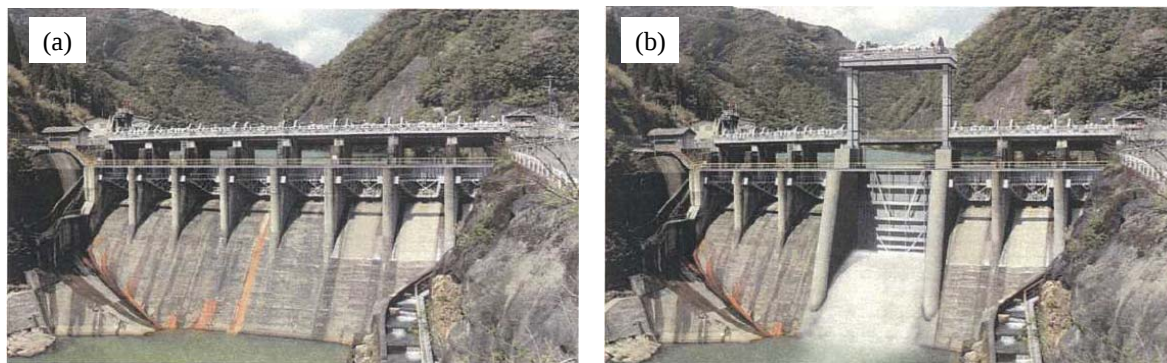


写真-1 (a)現状の山須原ダム形状. (b) 改修後(案)の山須原ダム形状。「九州電力(株), “Efforts to make Mimikawa River System safe and resilient against disaster”, 環境とダムの共存に関する国際シンポジウム, 2008」から引用。

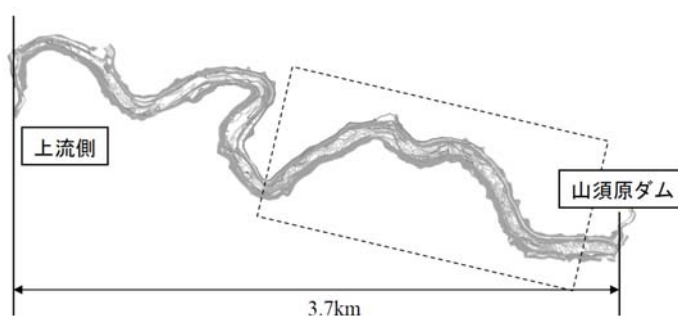


図-1 山須原ダム調整池内の河川形状。破線で囲まれた領域は第5章で実施する土砂移動解析の計算領域を表す。

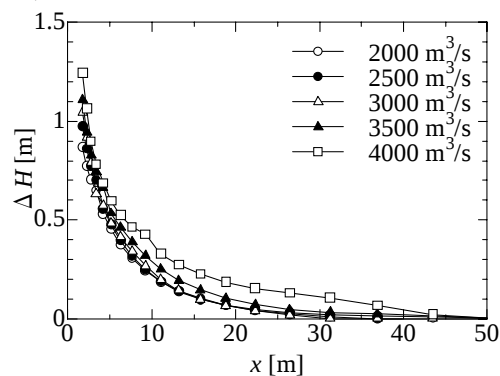
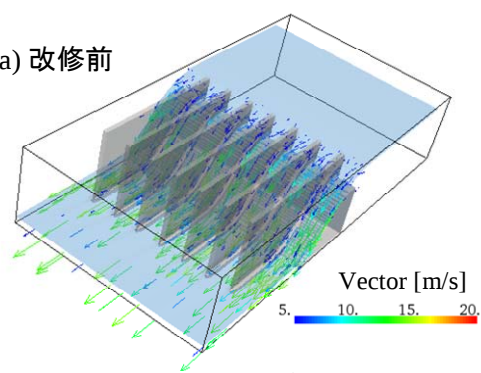


図-3 大ゲート中心($y=0\text{m}$)と右岸での橋脚部($y=35\text{m}$)との水位差 ΔH の主流方向変化。

(a) 改修前



(b) 改修後(案)

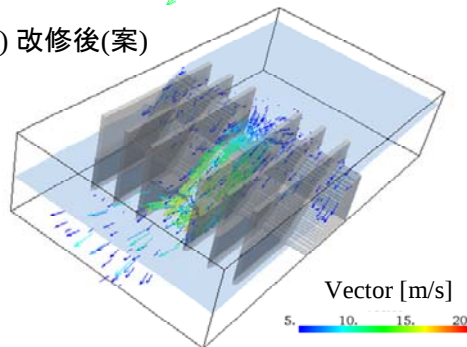


図-2 流量 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ の時の(a)改修前及び(b)改修後(案)のダム放流挙動。水面と流速ベクトルを表示している。

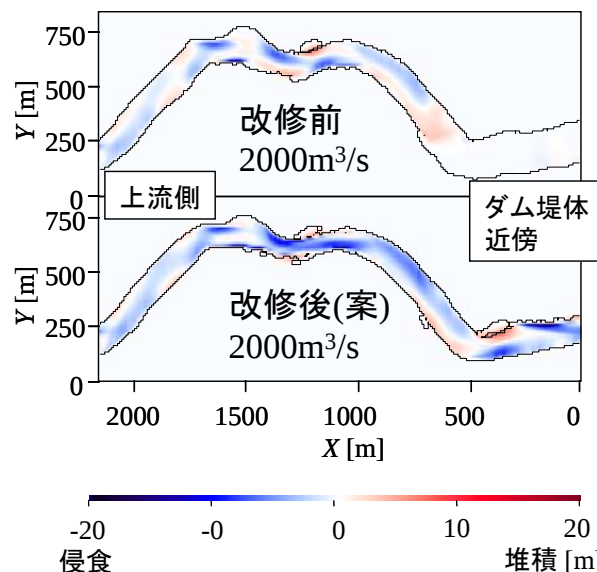


図-4 河床変動計算開始2時間後の河床高さと初期河床高さとの差の空間分布。計算領域右端($X=0\text{m}$)がダム堤体側である。

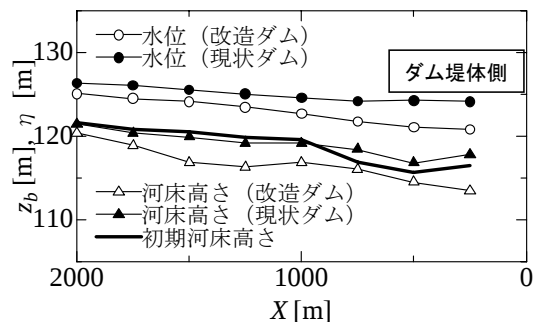


図-5 X 方向に250m間隔ごとに領域平均した水位と河床高さの分布。Wet 領域のみで平均している。流量 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 。